



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA MECANICA

TITULO:

**DISEÑO Y ESTUDIO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE PROPIO EN
RECINTO PEDRO ARAUZ PALACIO. (UNI-RUPAP)**

AUTORES

Br. Jefferson Steve Ríos Flores

Br. Danny José Reyes Orozco

Br. Danny Noel Berrios Leyva

TUTOR

Ing. Donald Pérez Palma

Managua, 05 de Mayo de 2015

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por todo lo que me ha dado en la vida. Dedico este trabajo de culminación de estudios a Dios por darme la oportunidad de lograr finalizar esta etapa tan importante.

Dedico y agradezco infinitamente a mi padre José Antonio Ríos y a mi madre Daysi Flores por su apoyo incondicional. A mis hermanos que siempre estuvieron ahí para ayudarme en lo que necesitaba

A mis compañeros de tesis Danny Reyes y Danny Berrios que trabajaron mucho para lograr terminar este trabajo. El apoyo y enseñanza que nos brindó nuestro tutor Ing. Donald Pérez Palma.

.A todos los que me apoyaron de manera directa e indirecta que sé que este es un logro que al igual que a mí me llena de mucha felicidad

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por darme la vida y por permitirme llegar hasta este momento tan especial para mí.

A mi madre Darling Dominga Orozco García que es el apoyo más grande que tengo en la vida, por todo lo q me ha dado hasta etapa de vida, que me sabido aconsejar en los momentos más difíciles y por ayudarme en todo lo que le he pedido para poder sacar adelante mi carrera, económicamente y emocionalmente.

A mi abuela Thelma del Carmen García por lo linda que ha sido conmigo, porque siempre ha estado en los momentos que mi mama no ha estado conmigo, por su maravilloso apoyo y por sus grandes consejos que me sirvieron mucho para salir adelante y tomar el camino correcto.

A mi hermano Michael Reyes y mi primo Erick Navarrete por todos los momentos que pasamos juntos por ayudarme en los momentos que los necesite para poder estudiar y los consejos que siempre estuvieron a la disposición.

A mis compañeros: Jefferson Ríos y Danny Berrios con quienes he trabajado esta tesis y han sido de gran ayuda no solo en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico primeramente a Dios que desde el primer día en la carrera ha sido mi ayuda y me ha dado fuerzas y sabiduría.

A mis padres: Noel Berrios y Dinora Leyva quienes me apoyaron todo el tiempo en consejos y me han provisto los recursos económicos para culminar mis estudios universitarios.

A mis compañeros: Jefferson Ríos y Danny Reyes con quienes he trabajado esta tesis y han sido una gran ayuda no solo en la realización de este trabajo sino en los 5 años que hemos compartido.

Al Ingeniero Donald Palma quien es nuestro tutor y fue de gran ayuda desde el comienzo hasta la culminación de la misma.

A todos los docentes que fueron parte de mi aprendizaje en los 5 años de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Resumen

El presente trabajo monográfico, brinda a la administración del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio (UNI-RUPAP) una alternativa a la problemática del recurso hídrico proporcionado por el servicio público de ENACAL. En el cual se presentan alternativas para el diseño y estudio del sistema de agua potable propio, desarrollándose a partir de la información de las condiciones actuales en las que se ha estado utilizando los recursos propio (Pozo y Bomba) se investigó cual es la capacidad del pozo con que se cuenta y el funcionamiento de la bomba, como ha estado trabajando el servicio brindado por ENACAL y como está estructurada la red de tuberías en todo el recinto.

Asimismo, se realiza el análisis de la población beneficiada por el proyecto el cual nos brinda el dato exacto con el cual nosotros trabajaremos en la dotación per cápita del consumo de agua que genera tal población. Con todas estas condiciones se plantea un rediseño en el sistema actual el cual conectara en el sistema actual de agua dándole más eficiencia y así brindar un mejor servicio ya que este entraría a funcionar cuando el principal falle.

Nuestra propuesta de diseño está orientada a permitir a la administración de UNI-RUPAP reduzca costo y tenga un ahorro económico en este proyecto, se realiza una propuesta económica la cual indica las cotizaciones de materiales y equipos a utilizar.

NOMENCLATURA

A , Área de la tubería (m^2)

D , Diámetro de la tubería (m)

E , Espesor de tubería (mm)

f , Factor de pérdidas por fricción (adimensional)

ft , Coeficiente de pérdidas (adimensional)

g , Gravedad (m/s^2)

H , Altura de presión (m)

h_l , Pérdidas por accesorios o pérdidas secundarias (m)

h_f , Pérdidas por fricción (m)

k , Factor de pérdidas por accesorios (adimensional)

L , Longitud de la tubería (m)

pn , Cantidad de personas

Q , Caudal (G.P.M)

Re , Numero de Reynolds (adimensional)

T , Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

V , Velocidad del fluido (m/s)

ν , Viscosidad cinemática (m^2/s)

INDICE

INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACION	3
OBJETIVOS.	4
General:	4
Objetivos Específicos:	4
CAPITULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	5
1. SISTEMA DE BOMBEO	5
1.1 Funcionamiento Actual (pozo).....	5
1.2 Aguas Subterráneas (Pozo).....	5
1.3 Determinación del consumo de agua potable.	6
2. ECUACIONES BÁSICAS.	7
2.1 Ecuación de continuidad	7
2.2 Ecuacion de la Energia.....	7
2.3 Tuberías en Serie.....	8
2.4 Tuberías en Paralelo	8
3. PERDIDAS DE CARGAS EN TUBERÍAS	9
3.1 Numero de Reynolds	9
3.1.1 Números de Reynolds Críticos	10
3.1.2 Ecuación de Darcy	10

3.1.3	Perdida por Friccion en el Flujo Laminar	11
3.1.4	Pérdida por Fricción en el Flujo Turbulento.....	11
3.2	Perdidas Menores	13
3.2.1	Coeficiente de Resistencia	13
3.2.2	Expansion Subita	13
3.2.3	Perdida en la Salida	14
3.2.4	Perdida en la Entrada	15
3.3	VÁLVULAS E INSTRUMENTACIÓN	15
3.3.1	Valvulas.....	15
3.3.2	Valvulas de Compuertas	16
3.3.3	Valvulas de Regulacion	16
3.3.4	Valvulas de Globo y Aguja.....	16
3.3.5	Valvulas Antiretorno o Valvulas Cheques	17
3.3.6	Valvulas con Pie con Filtro.....	18
3.4	Accesorios.....	18
3.4.1	Codos	18
3.4.2	Tes.....	19
3.4.3	Medidor de Nivel.....	19
3.4.4	Filtros.....	19
3.4.5	Dosificador de Cloro	20
4.	DETERMINACIÓN DE LA TUBERÍA	20
4.1	Selección del Diámetro	20
4.2	Materiales.....	20
4.3	Espesor	21

5. BOMBAS	22
5.1 Bombas Roto dinámicas	22
5.2 La Cavitación en Bombas	22
6. DEPÓSITOS IDEALES.....	23
7. CONEXIÓN ELÉCTRICA	24
8. DIAGRAMA DE CONTROL.....	24
CAPITULO II.....	25
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	26
9. Características Físicas	26
9.1 Características de la Bomba Instalada.....	26
9.2 Calidad del Agua	27
9.3 Determinación del Consumo de Agua Potable	28
9.3.1 Dotación de Agua por Persona.....	29
ANÁLISIS DE CÁLCULOS	31
10. Cálculos para la Red Actual.	31
11. PROPUESTA	36
11.1 Automatización de la bomba.....	36
11.2 Interruptor de nivel de tipo boya	36
11.3 Filtros de Agua.....	37
11.4 Dosificadora de Cloro.....	37
12. DEPÓSITOS IDEALES.....	37
13. ANÁLISIS DE CÁLCULOS.....	40

13.1	Cálculos para la Nueva Red (Rediseño).....	40
14.	PROPUESTA ECONÓMICA	45
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFIA	48
	ANEXOS	49
	Anexo N°1 Diagrama de Fuerza.....	50
	Anexo N° 2: Diagrama de Mando	51
	Anexo N° 3 Diagrama del Sistema	52
	Anexo N°4 Diagrama Electrico del Flotador.....	53
	Anexo N° 5 Cálculos de la nueva bomba.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dotación y Demanda de Agua	6
Tabla 2 Valores de Diseño de la Rugosidad de tubos	12
Tabla 3 Parámetros Fisicoquímicos.....	27
Tabla 4 Población Estudiantil FTI	28
Tabla 5 Población Estudiantil FCYS	28
Tabla 6 Población Estudiantil FTC.....	28
Tabla 7 Población Total del recinto.....	29
Tabla 8 Medidas de Consumo	30
Tabla 9 Accesorios y Coeficientes de Perdida	33
Tabla 10 Propuesta Económica	45

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tuberías en Paralelo	8
Ilustración 2 Rugosidad de la Pared del Tubo	12
Ilustración 3 Expansión Súbita.....	13
Ilustración 4 Perdida en la salida conforme el fluido pasa en una tubería a un deposito estático	14
Ilustración 5 Válvula de Compuerta	16
Ilustración 6 Válvula de Globo	17
Ilustración 7 Válvula de Pie.....	17
Ilustración 8 Codos 45° y 90°.....	18
Ilustración 9 Tés.....	19
Ilustración 10 Altura de un Deposito Ideal	23
Ilustración 11 Red Actual	31
Ilustración 12 Tanque 1.....	37
Ilustración 13 Tanque 2.....	38
Ilustración 14 Nueva Red (Rediseño)	40
Ilustración 15 Accesorios y Coeficientes de Perdida	43

INTRODUCCION

El recinto universitario “Pedro Arauz Palacios” se abastece de agua potable del sistema de distribución de ENACAL, la cual se distribuye por todas las áreas del recinto, teniendo este sistema 2 diámetros de tubería diferente (2 pulgadas y 4 pulgadas) en excepción los edificios: Marlon Zelaya, julio padilla, Facultad de Tecnología de la Industria (FTI) y el comedor.

Este suministro de agua no es suficiente, lo cual el desarrollo de este tema surgió con la necesidad de dar a la comunidad universitaria del recinto mejores condiciones, ya que una de las mayores debilidades es la falta de higiene en los servicios sanitarios como ha sido evidenciado en el último proceso de autoevaluación llevado a cabo en el 2015 en nuestra universidad y es que una de las principales causas de este problema es la escases del recurso hídrico brindado por ENACAL. Según la administración en el transcurso de los años a diario se dan cortes con un periodo de ocho horas al día aproximadamente el cual se ve reflejado en las áreas donde se necesita más del vital líquido como: baños, jardines, lavaderos etc.

La administración del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (UNI-RUPAP), tiene como proyecto desarrollar un sistema de agua potable que proporcione una eficiente distribución del agua a los edificios: Marlon Zelaya, Julio Padilla, FTI y comedor. Un aspecto muy importante a tener en cuenta para el diseño del sistema es que el agua se obtendrá con la utilización de recursos ya existentes (bomba y pozo) que traerá mayor factibilidad y menos costo en la instalación del sistema. El sistema a diseñar deberá tener la capacidad de abastecer todas las áreas antes mencionadas que necesiten del vital líquido.

ANTECEDENTES

Desde la construcción del recinto en el año 1980 se cuenta con un sistema de tubería de cuatro pulgadas de diámetro en su mayoría de asbesto cemento que distribuye el agua a algunos de los edificios del recinto dicha tubería es alimentada por el servicio público de ENACAL, con una frecuencia de dieciséis horas al día.

El recinto cuenta con un pozo instalado hace más de 25 años, al que se le han realizado estudios para conocer los niveles de contaminación del agua siendo estos negativos, dichos estudios fueron realizados por el Programa de Investigación de Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA) en el año 2014: ***“Los parámetros físicos químicos, incluyendo arsénico, están muy por debajo de lo establecido en la norma regional de agua CAPRE; no hay presencia de coliformes fecales. Por lo tanto, la calidad del agua del pozo evaluado se considera de buena calidad, y se concluye que es apta para el consumo humano***

“¹

Teniendo estos recursos es posible la realización de un Sistema de agua potable propio que sea auto sostenible que beneficie a la mayoría de la comunidad universitaria y que las inversiones a realizar sean de bajo costo.

¹ Ver Anexo, Estudio de Parámetros Físico Químicos y Bacteriológicos

JUSTIFICACION

Este tema se seleccionó debido al problema de abastecimiento de agua potable por parte de ENACAL en los diferentes edificios del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (UNI-RUPAP), en los últimos años se ha visto el incremento del problema dado al aumento de estudiantes, edificios y personal docente y administrativo.

La administración del recinto en respuesta a esta necesidad ha presentado la necesidad de desarrollar un proyecto que dé solución a esta problemática haciendo uso de sus propios (pozo y bomba), dicho proyecto debe ser planteado de tal forma que las inversiones a realizar sean las más económicas de fácil implementación que pueda adaptarse al sistema ya existente.

Actualmente se utiliza una bomba para el riego de los jardines en el recinto y para suministrar agua de forma manual en los servicios sanitarios del recinto cuando el servicio de ENACAL es insuficiente.

La universidad ya cuenta con la experiencia de implementación de un sistema propio de agua potable en el nuevo edificio (Rigoberto López Pérez) del recinto RUSB.

OBJETIVOS.

General:

- Diseñar el sistema de agua potable propio en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (UNI-RUPAP).

Objetivos Específicos:

- Describir las condiciones actuales del sistema de agua potable.
- Caracterizar la fuente de abastecimiento de agua, subterránea (pozo)
- Determinar la población beneficiada por el proyecto: actual y futura.
- Determinar el consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Rediseñar el sistema de bombeo y distribución existente
- Realizar la evaluación económica del proyecto.

MARCO TEÓRICO

1. Sistema de Bombeo

Actualmente la obtención de agua potable es de vital importancia y va estrechamente ligada al desarrollo humano, un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de la tubería y el almacenamiento temporal de los fluidos de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

1.1 Funcionamiento Actual (pozo)

El aprovechamiento actual que se le da al pozo del recinto es muy poco, cabe señalar que este pozo cuenta con una bomba sumergible colocada a 84 m de profundidad y del cual se puede aprovechar un caudal de 34 G.P.M, el agua es usada para las diferentes áreas verdes, también es utilizado para actividades que se realizan en el INFIL, cuando el servicio de ENACAL es suspendido se usa el agua para abastecer de forma manual los depósitos que existen en los servicios higiénicos de los diferentes edificios.

1.2 Aguas Subterráneas (Pozo)²

Un pozo es un túnel vertical que perfora la tierra hasta una profundidad suficiente para alcanzar el vital líquido en este caso. Por lo general se suele asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera para evitar derrumbe que cause su tapamiento.

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de las aguas de lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas denominadas acuíferos.

² EDWARD J. TARBUCK *Ciencias de la Tierra Una Introducción a la Geología Física*. Inglaterra 1993

1.3 Determinación del consumo de agua potable.

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo por persona diario.

$$\text{Consumo de agua} = P_n \times D \quad (\text{Ec.1})^3$$

Dónde:

P_n : Cantidad de personas

D : Estándar de consumo de agua para población en universidades.” (Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento Y Potabilización del Agua).

Zonas de alta densidad

En los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla hasta casas de alto costo pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas (150 m² a 250 m²). Casi todas las viviendas están conectadas a la red de agua potable.

Tabla 1 Dotación y Demanda de Agua

Clasificación de Barrios	Dotación	
	gl/hab/día	lt/hab/día
- Asentamientos progresivos	10	38
-Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas.	45	170
- Zonas de alta densidad	40	150
- Zonas de media densidad	100	378
- Zonas de baja densidad	150	568

³ Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento Y Potabilización del Agua

2. Ecuaciones Básicas.

2.1 Ecuación de continuidad

En el caso de flujos en conductos, muchas veces se puede aceptar que el flujo es estacionario y que la velocidad es uniforme en una sección transversal. Para el cálculo se toma la velocidad media en una sección, con la dirección del eje del conducto y perpendicular, por tanto, a la sección normal. La ecuación de continuidad en un volumen de control, se reduce a la siguiente:

$$\sum Q \text{ salida} = Q \text{ entrada (Ec.2)}^4$$

2.2 Ecuación de la Energía

ecuación se expresa en términos de longitud de la manera siguiente:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 - h_p + H_B = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad (\text{Ec.3})^5$$

h_p es la energía perdida por rozamiento y accesorios, y se denomina pérdida de carga total. H_B es la energía añadida desde el exterior, por ejemplo mediante una bomba. En caso de que se extraiga energía, como es el caso de una turbina, este término tendrá valor negativo. Si se desprecian las pérdidas por rozamiento, y no hay aporte de energía desde el exterior, la ecuación anterior se reduce a la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad (\text{Ec.4})^6$$

El significado físico de los términos de esta ecuación es el siguiente:

$\frac{P}{\rho g}$ Energía debida a la presión.

$\frac{V^2}{2g}$ Energía cinética.

⁴ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

⁵ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

⁶ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

Z Energía potencial a una cierta altura respecto a un nivel de referencia.

La suma de estos tres términos se conoce como la energía o altura del fluido en un punto, H. Esta altura es una variable escalar, dependiente del punto considerado.

2.3 Tuberías en Serie

$$h_{p_T} = h_{p_1} + h_{p_2} + \dots = k_1 Q^2 + k_2 Q^2 + \dots = \sum k_i Q^2 \quad (\text{Ec.5})$$

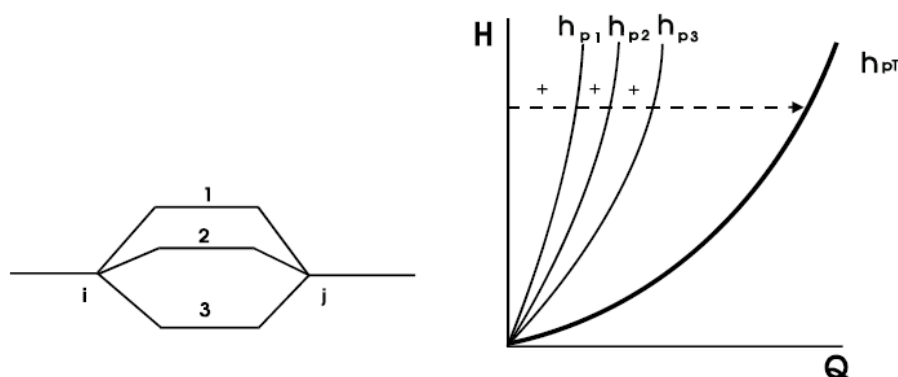
En las tuberías en serie, el caudal que circula por ellas es el mismo, y la pérdida de carga es suma de la de cada una.

Se pueden considerar como una única tubería cuya resistencia es la suma de las resistencias individuales.

2.4 Tuberías en Paralelo

Cuando dos o más tuberías están en paralelo, el caudal es la suma de los caudales individuales, pero la diferencia de altura entre los extremos -la pérdida de carga- es la misma para todos.

Ilustración 1 Tuberías en Paralelo



Las ecuaciones que rigen las tuberías en paralelo son las siguientes:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots$$
$$H_i - H_j = k_1 Q_1^2 = k_2 Q_2^2 = \dots$$

Los caudales se pueden despejar en función de la pérdida de carga:

$$Q_i = \sqrt{\frac{h_p}{k_i}}$$

y se pueden sustituir en la ecuación de continuidad:

$$Q_T = \sqrt{h_p} \left(\sum \frac{L}{\sqrt{k_i}} \right) \quad (\text{Ec.6})$$

Como para conocer los valores de los coeficientes k_i se necesita conocer los caudales por cada tubería, deberá empezarse suponiendo unos coeficientes k_i correspondientes a flujo turbulento completamente desarrollado, despejar los caudales Q_i e iterar.

3. Pérdidas de Cargas en Tuberías

3.1 Numero de Reynolds

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad (\text{Ec.7})^7$$

.El numero de Reynolds es la relación de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido a la fuerza viscosa. La fuerza de inercia se desarrolla a partir de la segunda ley de movimiento de Newton $F = ma$. La fuerza viscosa se relaciona con el producto del esfuerzo cortante por el área.

⁷ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

3.1.1 Números de Reynolds Críticos

Si $Nr < 2000$, el flujo es laminar.

Si $Nr > 4000$, el flujo es turbulento.

3.1.2 Ecuación de Darcy

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento.

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ec.8})^8$$

Donde:

h_L = Pérdida de energía debido a la fricción (N-m/N, m, lb-pie/lb o pies)

L = Longitud de la corriente del flujo (m o pies)

D = Diámetro de la tubería (m o pies)

V = Velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s)

f = Factor de fricción (adimensional)

La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional f , como se explica en las dos secciones siguientes.⁹

⁸ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

⁹ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

3.1.3 Perdida por Friccion en el Flujo Laminar

Cuando existe flujo laminar el fluido parece moverse como si fueran varias capas, una sobre la otra. Debido a la viscosidad del fluido, se crea un esfuerzo cortante entre sus capas. Se pierde energía del fluido por la acción de las fuerzas de fricción que hay que vencer, y que son producidas por el esfuerzo cortante. Debido a que el flujo laminar es tan regular y ordenado, es posible obtener una relación entre la pérdida de energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Dicha relación se conoce como ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$h_L = \frac{32\eta Lv}{\gamma D^2} \quad (\text{Ec.9})^{10}$$

Los parámetros que involucra son las propiedades del fluido en cuanto a viscosidad y peso específico, las características geométricas de longitud y diámetro de la tubería, y la dinámica del flujo caracterizada por la velocidad promedio.

$$f = 64/N_R \quad (\text{Ec.10})^{11}$$

3.1.4 Pérdida por Fricción en el Flujo Turbulento

Cuando hay flujo turbulento en tuberías es conveniente usar la ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía debido a fricción. El flujo turbulento es caótico y varía de forma constante. Por estas razones para determinar el valor de f debemos recurrir a los datos experimentales.

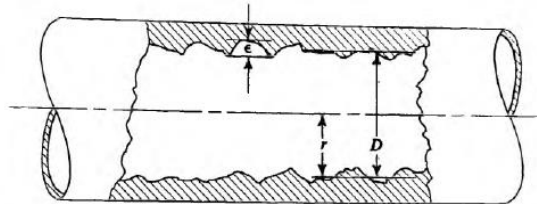
Las pruebas han mostrado que el número adicional f depende de otras dos cantidades adicionales, el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación de diámetros de la tubería D a la rugosidad promedio de su pared ϵ . En la Figura 8.5 ilustramos (en forma exagerada) la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. La condición

¹⁰ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

¹¹ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que esta hecho el tubo y el método de fabricación.

Ilustración 2 Rugosidad de la Pared del Tubo



Como se aprecia en la tabla 8.2, se ha determinado el valor ϵ de la rugosidad promedio de la pared de tuberías y tubos existentes comercialmente. Estos son solo valores promedio para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación. Una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

Tabla 2 Valores de Diseño de la Rugosidad de tubos

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

La ecuación siguiente, que permite el cálculo directo del valor del factor de fricción para flujo turbulento, la desarrollaron P. K. Swamee y A. K. Jain, y se menciona en la referencia numero 3:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec.11})^{12}$$

¹² CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

3.2 Perdidas Menores

3.2.1 Coeficiente de Resistencia

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa un codo, expansión o contracción de la sección de flujo, o por una válvula. Por lo general, los valores experimentales de las pérdidas de energía se reportan en términos de un coeficiente de resistencia K como sigue:

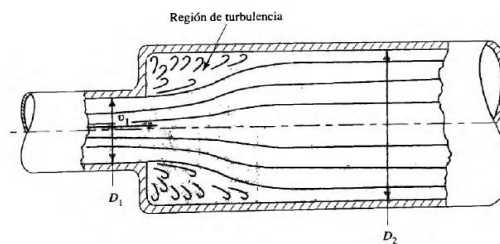
PÉRDIDAS MENORES, SEGÚN EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA

$$h_L = K(v^2/2g) \quad (\text{Ec.12})^{13}$$

3.2.2 Expansion Súbita

Conforme un fluido pasa de una tubería pequeña a otra más grande a través de una expansión súbita, su velocidad disminuye de manera abrupta, lo que ocasiona turbulencia, que a su vez genera una pérdida de energía. La cantidad de turbulencia, y por tanto de la pérdida de energía, depende de la razón de los tamaños de las dos tuberías.¹⁴

Ilustración 3 Expansión Súbita¹⁵



¹³ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

¹⁴ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

¹⁵ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

La pérdida menor se calcula por medio de la ecuación

$$h_L = K(v_1^2/2g) \quad (\text{Ec.13})^{16}$$

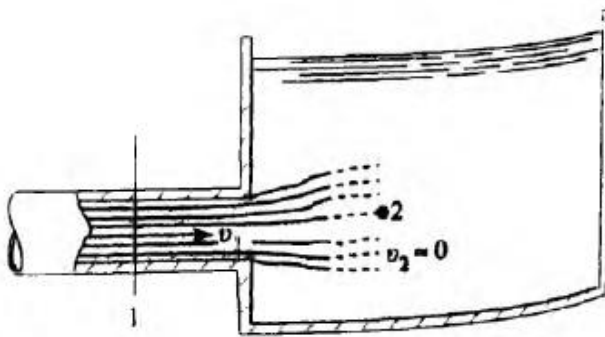
3.2.3 Pérdida en la Salida

Conforme el fluido pasa de una tubería a un depósito o tanque grande, como se muestra en la figura 10.3, su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso se disipa la energía cinética que el fluido tenía en la tubería, indicada por la carga de $v^2/2g$. Por tanto, la energía perdida por esta condición es:

$$h_L = 1.0(v_1^2/2g) \quad (\text{Ec.14})^{17}$$

A ésta se le denomina pérdida en la salida. El valor de $K = 1.0$ se emplea sin que importe la forma de la salida en el lugar donde el tubo se conecta a la pared del tanque

Ilustración 4 Pérdida en la salida conforme el fluido pasa en una tubería a un deposito estático¹⁸



¹⁶ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

¹⁷ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

¹⁸ ROBERT MOTT *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1996

3.2.4 Pérdida en la Entrada

Un caso especial de contracción sucede cuando un fluido se mueve de un depósito o tanque relativamente grande hacia una tubería. El fluido debe acelerar desde una velocidad despreciable a la velocidad de flujo en la tubería. La facilidad con que la aceleración se lleva a cabo determina la cantidad de la pérdida de energía y, por tanto, el valor del coeficiente de resistencia de la entrada depende de la geometría de ésta. La figura 10.13 muestra cuatro configuraciones diferentes y el valor sugerido de K para cada una

$$h_L = K(v_2^2/2g) \quad (\text{Ec.15})^{19}$$

donde v_2 es la velocidad del flujo en el tubo.

3.3 Válvulas e Instrumentación

3.3.1 Válvulas

Las válvulas son una parte muy importante del diseño de sistemas de tuberías. Sus funciones principales son el cierre y la regulación. En el primer caso se utilizan para determinar qué ramas de la instalación van a estar en servicio, para aislar elementos, etc. Las válvulas de regulación son las que definen el punto de operación. Junto con estas dos funciones hay otras muchas para las que casi siempre existe una válvula adecuada: evitar el retorno del fluido, regular o limitar la presión, expulsar el aire, evitar el vacío, etc.

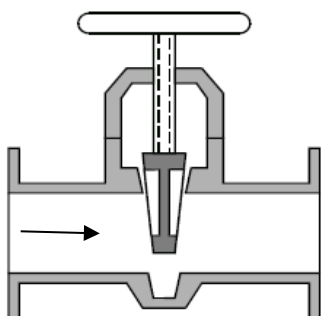
La selección de la válvula más adecuada en cada caso puede llegar a ser bastante complicada, debido a la gran variedad de modelos y precios que existen en el mercado.

¹⁹ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

3.3.2 Válvulas de Compuertas

Están formadas por una compuerta circular o rectangular que se desliza por un plano perpendicular a la tubería. Normalmente son accionadas por un tornillo. Cuando están totalmente abiertas, dejan el conducto prácticamente libre, por lo que apenas tienen pérdidas.

Ilustración 5 Válvula de Compuerta



3.3.3 Válvulas de Regulacion

Son aquellas de operación manual, o sea, que el paso de flujo se regula manualmente. Generalmente son las que reemplazan a las válvulas de control, cuando estas se bajan para repararlas en un cuadro de control. Pueden ser de Globo, mariposa para aire o gas y de aguja para altas

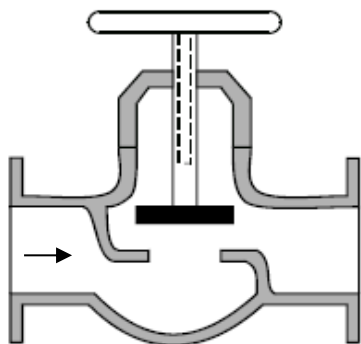
3.3.4 Válvulas de Globo y Aguja

La grifería doméstica es la más conocida aplicación de este tipo de válvulas. El fluido desemboca en una cavidad, normalmente esférica. Esta cavidad está dividida en dos por una pared, y un orificio comunica las dos partes. Un disco, o un cono en el caso de las válvulas de aguja, bloquea el paso por el orificio de forma parcial o total. El accionamiento se realiza habitualmente por medio de un tornillo, aunque se utilizan otros mecanismos para casos especiales de control. En la figura 4.4 aparece una válvula de globo, y en la 4.5 una de aguja.

Con un asiento diseñado para evitar la erosión y la cavitación, estas válvulas son especialmente adecuadas para regulación. Su principal inconveniente recae en la gran

pérdida de carga que presentan aun estando totalmente abiertas. No se suelen construir de tamaño muy grande, porque resultan excesivamente caras.

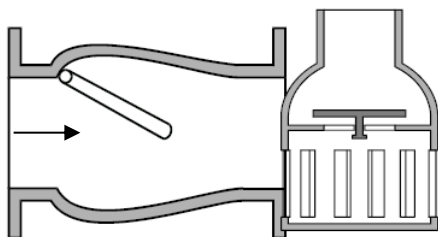
Ilustración 6 Válvula de Globo



3.3.5 Válvulas Antiretorno o Válvulas Cheques

Se utilizan para evitar el flujo inverso por las tuberías o para que no se vacíe la tubería de aspiración de las bombas cuando están paradas (descebado). En este último caso se conocen como válvulas de pie y están integradas con una rejilla filtrante. Válvulas de estos dos tipos pueden observarse en las ilustraciones 5 y 6

Ilustración 7 Válvula de Pie



Están formadas por un disco que cierra el paso de fluido por su propio peso o ayudado por la presión aguas arriba. Su fisonomía varía desde las similares a válvulas de globo, a las parecidas a las válvulas de mariposa con el eje totalmente excéntrico.

3.3.6 Valvulas con Pie con Filtro.

La válvula de pie con filtro es un elemento importante para la protección de equipos de bombeo y redes de conducción.

Tiene diversas aplicaciones y usos generales: bombeo, hidrocarburos, industria, agua limpia. Su función es evitar el vaciado de las conducciones de aspiración en bombeos. Al tratarse de una válvula de pie con filtro colador en acero inoxidable, evita la entrada de partículas sólidas a la conducción.

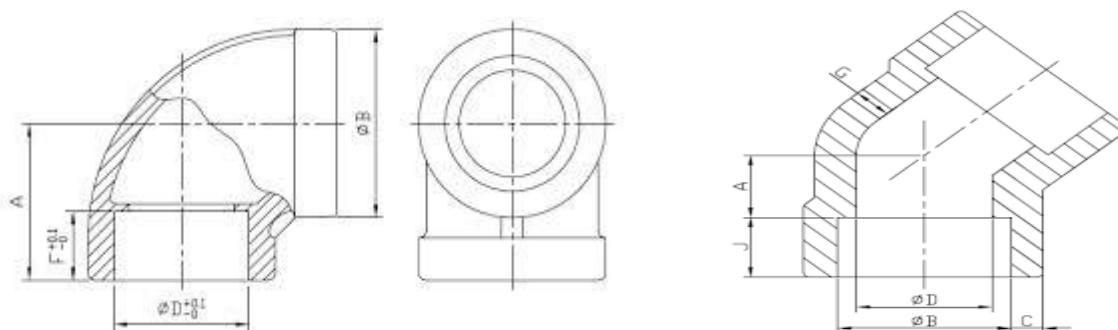
3.4 Accesorios

3.4.1 Codos

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son Codos estándar de 45° y 90°

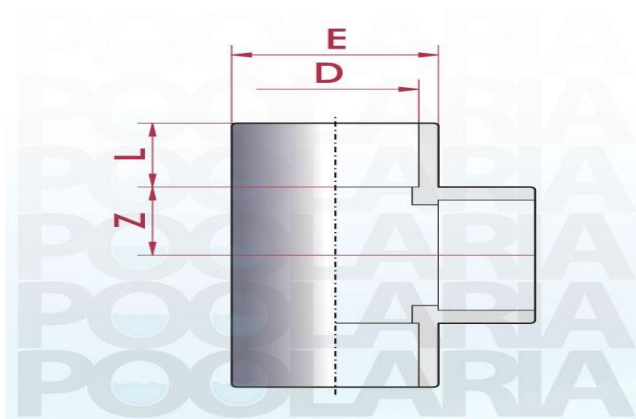
Ilustración 8 Codos 45° y 90°



3.4.2 Tes

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería. TIPOS □ Diámetros iguales o te de recta □ Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual ²⁰

Ilustración 9 Tés



3.4.3 Medidor de Nivel

El interruptor de nivel tipo boya es apto para contacto con agua residual, en el interruptor, una bola acciona un microrruptor en función de la posición de flotación, el embudo por el que rueda la bola que produce la conmutación, permite que el dispositivo funcione perfectamente incluso si se retuerce el cable.

3.4.4 Filtros

Un filtro de agua es un aparato compuesto generalmente de un material poroso y carbón activo, que permite purificar este líquido que viene directamente del acueducto y llega a través de los grifos. Al pasar por el filtro, este atrapa las partículas que el agua trae y pueden ser tóxicos o perjudiciales para la salud, algunos de estos elementos son arena, barro, oxido, polvo, hierro, altas cantidades de cloro y bacterias, entre otros.

²⁰PORFIRIO JIMENEZ .(julio 2014) <http://es.slideshare.net/PriscilaPerezHerrera/valvulas-acessorios-y-tuberias?related=1>

3.4.5 Dosificador de Cloro

El dosificado de cloro para tratamiento de agua ha sido diseñado especialmente para la desinfección de aguas residuales de plantas de tratamiento y cámaras filtrantes.

El dosificador de cloro en su interior se encuentran un dorador y un declorador que contienen dos tubos ranurados cada uno, en los cuales se introducen tabletas cloradoras (hipoclorito de calcio) y tabletas decloradoras (sulfito de sodio). Al pasar las aguas residuales por el dorador las tabletas en su interior liberan una cantidad de cloro activo (70%) proporcional al flujo. Luego las aguas son retenidas por un período de 30 minutos durante los cuales el cloro cumple su función bactericida, eliminando toda clase de bacterias.

4. Determinación de la Tubería

Los parámetros fundamentales son el material, el diámetro y el espesor. Como suele suceder, la elección debe basarse en consideraciones económicas, aunque este aspecto se tratará con más profundidad posteriormente.

4.1 Selección del Diámetro

Hay dos métodos rápidos para definir una primera aproximación del diámetro: por medio de la velocidad del fluido, y por la pérdida de carga. Para hallar el diámetro óptimo hay que hacer un análisis económico en el que intervienen también el material, espesor, coste de mano de obra, amortización. Si el coste de la tubería dentro de la instalación no es elevado pueden ser suficientes los dos métodos que se describen a continuación.

4.2 Materiales

Como materiales comunes en tuberías están: hierro y acero -en sus diferentes composiciones, tratamientos y recubrimientos-, cemento -más o menos armado y reforzado-, fibra de vidrio - con las demás fibras y resinas asociadas-, cobre y plásticos varios: PVC y otros compuestos.

Lo primero que se debe tener en cuenta es el espesor necesario, impuesto por la presión a soportar. En caso de presiones muy elevadas el material más recomendable es el acero. Otros factores a tener en cuenta son: la corrosión, la facilidad de

instalación y realización de las uniones, la variación de la resistencia con la temperatura y la resistencia frente a cargas externas.

4.3 Espesor

Cuando se decida no utilizar las tuberías normalizadas, habrá que calcular su espesor.

En el caso de material homogéneo, para espesores delgados, y asumiendo una distribución uniforme de esfuerzos en la pared de la tubería, el espesor puede calcularse:

$$e = \frac{P_d D}{2 \sigma_{adm}} \quad (\text{Ec.16})^{21}$$

Donde:

D: Diámetro interior.

e: Espesor de la tubería.

Pd: Presión de diseño.

σ_{adm} Tensión admisible del material. Generalmente se toma un tercio de la tensión de rotura.

La fórmula anterior sólo es válida para tubos de pared delgada, con $D/e > 16$. Con relaciones D/e inferiores la tensión no está distribuida de forma uniforme en la pared, y hay que utilizar una fórmula del tipo:

$$e = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_{adm} + P_d}{\sigma_{adm} - P_d}} - 1 \right)$$

²¹ CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

$$e = \frac{P_d D}{2 \sigma_{adm} + P_d} \quad (\text{Ec.17})$$

5. Bombas

Es una maquina que absorbe energia mecanica y restituye al liquido que la atraviesa anergia hidraulica.

Las bombas se clasifican en :

Bombas rotodinamicas

Bombas de desplazamiento positivo.

5.1 Bombas Roto dinámicas

Son todas y solo las bombas que son turbomaquinas pertenecen a este grupo. Estas son siempre rotativa. Su funcionamiento se basa en la ecuacion de Euler y su organo transmisor de energia se llama rodete. Se llama rotodinamicas porque su movimiento es rotativo y la dinamica de la corriente juega un papel esencial en la transmision de la energia.

En este grupo existen varias clasificaciones, una de ellas es la de tipo sumergible, las cuales se diseñan de tal forma que la estructura completa de la bomba centrifuga, el motor de alimentacion y los dispositivos de succion y de descarga pueden sumergirse en el fluido que sera bombeado²²

5.2 La Cavitación en Bombas

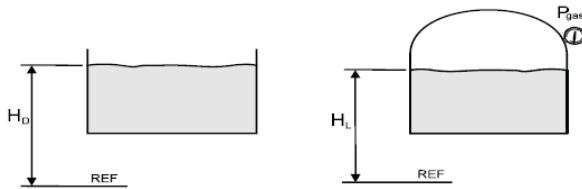
Durante la entrada del flujo en el rodete de una bomba se produce una aceleración que, cuando la presión es suficientemente baja, genera la formación de burbujas de vapor. Esto tiene dos efectos sobre el funcionamiento de la bomba. En primer lugar, la cavitación erosiona el rodete y, con el tiempo, lleva a su destrucción. En segundo lugar, cuando la cavitación es fuerte disminuye la altura de elevación.

²² CLAUDIO MATIAX *Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas*, 1986

6. Depósitos Ideales

Un depósito ideal es un elemento de acumulación de fluido cuya altura o energía permanece constante, permitiendo extraer o introducir todo el fluido que se quiera. El depósito ideal es un instrumento muy útil en el planteamiento de problemas sencillos, y el concepto no es muy distante del comportamiento real.²³

Ilustración 10 Altura de un Deposito Ideal



En los depósitos abiertos la altura corresponde al nivel del líquido. En los depósitos cerrados, debe sumarse la presión relativa del gas que se encuentra por encima de ese nivel:

$$H_D = H_L + \frac{P_{Gas}}{\rho_L g}$$

$$P_1 = \rho g H_1$$

$$P_2 = \rho g H_2$$

$$P_1 = P_2 = \rho g H_2$$

$$H_1 = H_2 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$V_1 = \sqrt{2 g (H_1 - H_2)}$$

²³ EDUARDO MIRAGORTA *sistema de bombeo*. Gijón 1994

Por tanto, en la transferencia de fluido entre dos puntos de diferente energía por una tubería sin rozamiento, el caudal está fijado por la diferencia de altura:

$$Q = S \sqrt{2 g (H_1 - H_2)}$$

(Ec.18)

7. Conexión Eléctrica

La bomba que actualmente está instalada cuenta con una conexión de potencia para el arranque del motor conocida como arranque estrella delta, el cual es instalado con el fin de darle al motor un arranque suave y de esa manera lograr disminuir las potencias picos generadas al momento del arranque del mismo.

Dicho circuito consta de tres contactores (KM1, KM2, KM3) un temporizador el cual esta programa a cuatro segundos, durante esos cuatro segundos KM1 y KM3 hacen la conexión en estrella, una vez pasado esos cuatro segundos programados en dicho temporizador KM3 deja de trabajar y empieza a funcionar KM2 y KM1 simultáneamente trabajando el circuito en delta. KM2 y KM3 no pueden conectarse en ningún momento al mismo tiempo lo cual ocasionaría un corto circuito.

Dicho circuito de potencia cuenta con dispositivo fusible por cualquier falla en el sistema de alimentación ya sea por una sobre carga en las líneas de este.²⁴

8. Diagrama de Control

El circuito de control con el cuenta la bomba es un circuito estándar para una conexión trifásica el que cuenta con pulsadores de arranque y paro (S1,S2), también cuenta con relé térmico para evitar averías en el circuito²⁵.

²⁴ Ver Anexo N°1 Diagrama de Fuerza

²⁵ Ver Anexo N° 2 Circuito de Mando

CAPITULO II

CAPITULO II

Fuente de Abastecimiento

9. Características Físicas

Para el desarrollo del de este tema se cuenta con un pozo ubicado en la parte suroeste del recinto, se data que dicho pozo fue excavado aproximadamente hace treinta años.

Las dimensiones con las que cuenta el pozo son de:

Profundidad: 295 pies

Diámetro perforación: 15.83 pulgadas

Diámetro del ademe: 10.33 pulgadas

Ademe: 206.75 pies

Capacidad del pozo: 413 galones por minuto

9.1 Características de la Bomba Instalada

Podemos observar que el voltaje en la línea 3 es un tanto mayor que en las otras dos líneas, esto es debido a que trabaja con una línea conocida como “línea griega” la cual es usada con el objetivo de disminuir las potencias picos causadas al momento del encendido de la bomba.

Potencia eléctrica: 33.25 hp

Años de servicio: 25 años aproximadamente

Profundidad a la que está instalada: 90 metros

Caudal: 34 GPM

Potencia de la bomba: 12 hp

Eficiencia: 60 %

Las características de esta bomba son datos obtenidos por una serie de mediciones que se le practicaron a la misma.

La eficiencia de una bomba sumergible oscila entre el 85 y 90 % según los datos de los fabricantes. Sin embargo en este caso, la bomba que tenemos instalada jamás ha sido sometida a ningún tipo de mantenimiento por lo cual consideramos una valor de eficiencia bastante conservador del 60 %.

9.2 Calidad del Agua

En julio de 2014 la administración del recinto contacta al Programa de Investigación de Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA) para que estos practiquen estudios al pozo sobre la calidad del agua y sus parámetros físico-químicos.

Una vez practicado los estudios se obtuvieron resultados que indican que la calidad del agua es “buena”, y se concluye que es apta para el consumo humano.

Tabla 3 Parámetros Físicoquímicos

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/l CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/l CaCO ₃	100	
Cobre	mg/l	1	2.0
Magnesio	mg/l CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot. Dis.	mg/l		1000
Zinc.	mg/l		3.0

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- b) Cloro residual libre
- c) 5 mg/l en casos especiales par proteger a la población de brotes epidémicos.

9.3 Determinación del Consumo de Agua Potable

Según los datos obtenidos en las secretarías de cada una de las facultades el recinto universitario Pedro Arauz Palacio nuestra población estudiantil activa en el segundo semestre de 2014 es la siguiente:

Facultad De Tecnología de la Industria

Tabla 4 Población Estudiantil FTI

Carrera	Cantidad alumnos
Ing. Mecánica	697
Ing. Industrial	1095
Total	1792

Tabla 5 Población Estudiantil FCYS

Facultad de Ciencias y Sistemas

Carrera	Cantidad alumnos
Ing. De Sistema	835
Total	835

Facultad de Tecnología de la Construcción

Tabla 6 Población Estudiantil FTC

Carrera	Cantidad alumnos
Ing. Civil	1325
Ing. Agrícola	380
Total	1705

Según la oficina central de Recursos Humanos de la Universidad Nacional de Ingeniería la población laboral existente en el recinto Pedro Arauz Palacio es de 391 trabajadores. Esta cifra incluye el personal académico y administrativo de cada facultad, también incluye al personal de mantenimiento (afanadores, jardinería, guardas de seguridad).

Tabla 7 Población Total del recinto

Área	Población
FTI	1792
FTC	1705
FCyS	835
Trabajadores	391
Total	4723

9.3.1 Dotación de Agua por Persona.

El recinto está ubicado en una zona de alta densidad por lo que existe un valor promedio de consumo de agua por persona de 40 galones por persona diarios. (Ver tabla).

Consumo promedio diario del recinto

$$CPD = P_n \times \text{Dotación}$$

$$CPD = (4723 \text{ hab}) (40\text{gpd})$$

$$CPD = 188,920 \text{ galones diarios.}$$

Estos valores son datos nominales o que en teoría deberían existir en el recinto.

Mediciones obtenidas

Tabla 8 Medidas de Consumo

Días	Diámetro	
	2 pulg	4 pulg
1	23362 m ³	127370 m ³
2	23410 m ³	127582 m ³
3	23452 m ³	127782 m ³
Promedio	45 m ³	206 m ³

El consumo promedio real en el recinto es aproximadamente de **251 m³** de agua por día.

Lo cual es equivalente a **66,157** galones diarios.

Para conocer el consumo promedio por persona real procedemos a dividir el consumo diario en galones entre la cantidad de personas.

Consumo por persona = 66,157gal / 4723 personas

Consumo per cápita = 14 galones diario.

Conociendo este valor real promedio podemos ver que la consideración que tomamos de la tabla es bastante conservador y este consumo se justifica debido a que la población no permanece las 24 horas en el recinto y únicamente hace uso del agua en los servicios higiénicos.

Análisis de cálculos

10. Cálculos para la Red Actual.

Datos

Q: 34 G.P.M

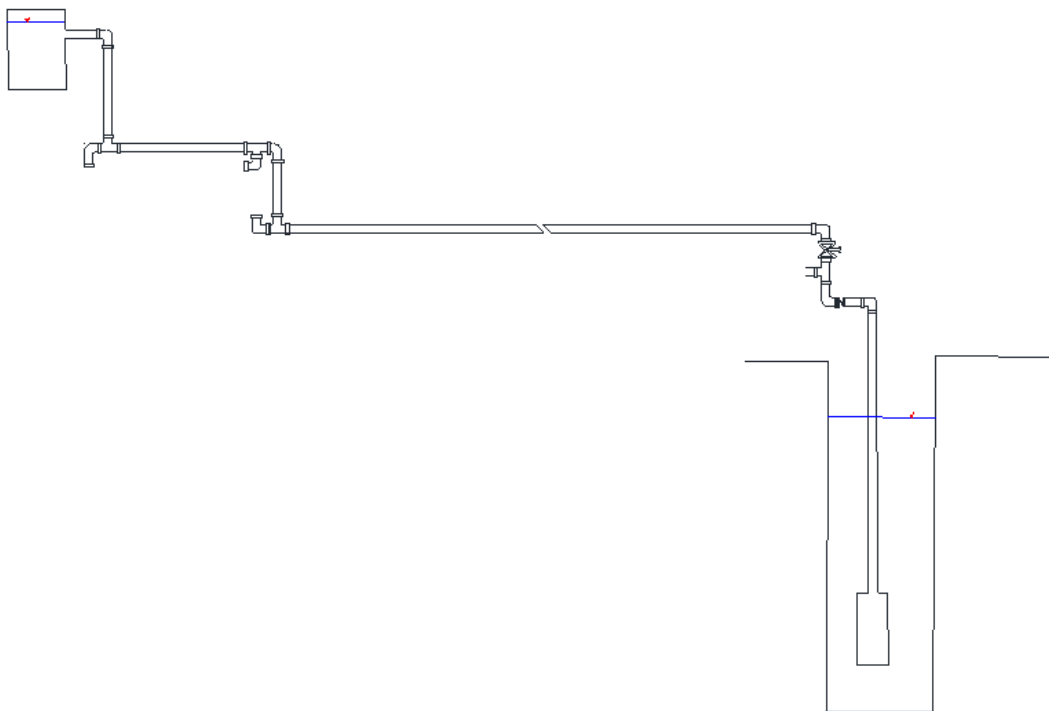
Altura estática: 84 m

T: 25°C

Material: hierro galvanizado

D: 2 pulgadas

Ilustración 11 Red Actual



Convirtiendo el caudal a m³/s

$$1 \text{ Galón} = 0.003794 \text{ m}^3$$

$$Q = 34 \frac{\text{galon}}{\text{min}} \cdot \frac{0.003794 \text{ m}^3}{1 \text{ galon}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$Q = 2.1499 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo de la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$V = \frac{2.1499 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{(0.0508 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V = 1.06 \text{ m/s}$$

Tipo de flujo

$$Re = \frac{VD}{\nu \rightarrow \text{viscosidad cinematica}}$$

$$Re = \frac{\left(1.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0.0508 \text{ m})}{8.945 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 60,198.99$$

$$Re > 4,000 \text{ flujo turbulento}$$

Calculo de perdidas

Perdidas por fricción

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{(Re)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{0.15 \text{ mm}}{3.7 * 50.8 \text{ mm}} + \frac{5.74}{(60,198.99)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0284$$

$$hf = \frac{f * LT * V^2}{D * 2g}$$

$$hf = \frac{0.0284 * 266 \text{ m} * (1.06 \frac{m}{s})^2}{0.0508 \text{ m} * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$hf = 8.51 \text{ m}$$

Perdidas por accesorio

Tabla 9 Accesorios y Coeficientes de Perdida

	Accesorios	Coeficiente de Perdida
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8ft
1	válvula check	K= 100ft
5	codos de 90°	K= 30ft
2	Tés de 90°	K= 60ft
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8*(0.019)*2 K= 0.304
1	válvula check	K= 100*(0.019) K= 1.9
5	codos de 90°	K= 30*(0.019)*5 K=2.85
2	Tés de 90°	K= 60(0.019)*2 K= 2.28

$$\Sigma K = 1 + 0.78 + 0.304 + 1.9 + 2.85 + 2.28$$

$$\Sigma K = 9.114m$$

$$hl = \frac{V^2}{2g} * \Sigma K$$

$$hl = \frac{(1.06 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} * 9.114m$$

$$hl = 0.5219 m$$

Pérdidas totales

$$HT = hf + hl$$

$$HT = 8.51m + 0.5219m$$

$$HT = 9.336m$$

Altura de presión de la bomba HB

$$\cancel{\frac{P_A}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}} + Z_A + H_B - hf - hl = \cancel{\frac{P_B}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_B^2}{2g}} + Z_B$$

$$H_B = (Z_B + Z_A) + hf + hl$$

$$H_B = 84m + 8.51m + 0.5219 m$$

$$H_B = 93.336 m$$

Potencia eléctrica de la bomba

$$\text{Línea 1} \quad I_1 = 73A ; L_1 = 110 V$$

$$\text{Línea 2} \quad I_2 = 81.2A ; L_2 = 110 V$$

$$\text{Línea 3} \quad I_3 = 74.8A ; L_3 = 190 V$$

$$P_E = (((V_1 * I_1) + (V_2 * I_2) + (V_3 * I_3))0.8)$$

$$P_E = (((((73*110) + (81.2*110) + (74.8*190)) * 0.80)$$

$$P_E = 24,939.2 \text{ W}$$

$$P_E = 24.93 \text{ KW}$$

$$P_E = 33.25 \text{ hp}$$

11. Propuesta

Nuestra propuesta plantea la utilización del pozo, la bomba sumergible ya existente y la utilización de parte del sistema de tubería actual, debido a que es la opción más económica y que la universidad está dispuesta a aplicar. El sistema planteado contempla la instalación de un sistema mixto (servicio de agua ENACAL y sistema propio adaptado a la misma red), haciendo uso de tuberías y accesorios que nos permitan implementar este sistema.²⁶

11.1 Automatización de la bomba

Con el objetivo del que el sistema sea más eficiente es necesario que la bomba trabaje de manera automatizada, esto se llevara a cabo con la instalación de dos dispositivos (boyas) encargado de medir el nivel de agua en el depósito 1. Este sistema consta de dos boyas, una instalada en la parte inferior del depósito y la otra en la parte superior del mismo, dichas dispositivos serán instalados con el objetivo de enviar una señal eléctrica para que la bomba sea encendida cuando el nivel de agua en el depósito sea bajo para que esta lo llene, de igual manera otra señal eléctrica para que la bomba se apague cuando el tanque este lleno.²⁷

11.2 Interruptor de nivel de tipo boya

El interruptor de nivel de tipo boyase utilizara para operaciones de control por medio del nivel del líquido en el tanque número 1.

En el interruptor de nivel tipo boya para variar la diferencia de niveles de conmutación puede acortarse o alargarse el cable entre la boya y la sujeción del mismo (o peso si se utiliza). Longitud mínima del cable: 50 mm, que corresponde a una diferencia de conmutación de 100 mm.²⁸

²⁶ Ver Anexo N° 3 Diseño de Sistema

²⁷ Ver Anexo N° 4 de Sistema de Mando

²⁸ Ver Anexo N° 5 Diagrama Eléctrico del flotador

11.3 Filtros de Agua

Como parte de nuestras recomendaciones una de las más importantes es la instalación de filtros a la salida de cada depósito instalado, esto para garantizar la calidad del agua al momento de su uso.

11.4 Dosificadora de Cloro

El agua que se extrae del pozo existente no se le da ningún tratamiento para potabilizarla es necesario la instalación de una bomba dosificadora de cloro, para que el agua sea potable.²⁹

12. Depósitos Ideales

Para el desarrollo de este proyecto tendremos involucrados dos depósitos (tanques) uno al cual se alimenta por la bomba del pozo (sumergible). Tanque 1, y el otro que será alimentado con una bomba centrífuga ubicada a la descarga del depósito 1.

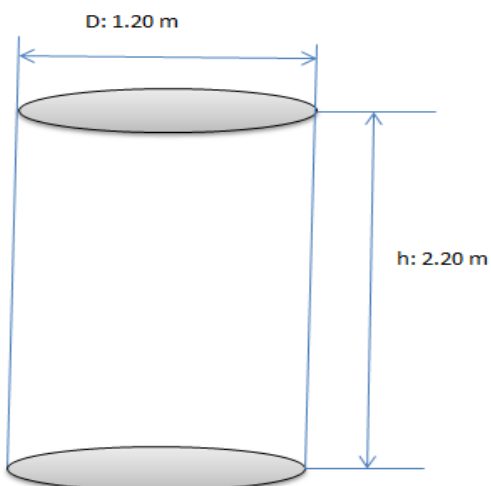
Volumen de agua del depósito 1

Diámetro del depósito= 1.20m

Altura del depósito= 2.20m

Radio del depósito= 0.6m

Ilustración 12 Tanque 1



$$V = \pi * (0.6\text{m})^2 * 2.20\text{m}$$

$$V = 2.48 \text{ m}^3$$

Caudal bombeado $0.126 \text{ m}^3/\text{min}$

$$0.126 \text{ m}^3 \rightarrow 1\text{min}$$

$$2.48 \text{ m}^3 \rightarrow X$$

X: tiempo que tarda en llenarse el deposito 1

$$X = 19.68 \text{ minutos}$$

El deposito tarde en llenarse 19.68 minutos con un caudal de $0.126 \text{ m}^3/\text{min}$

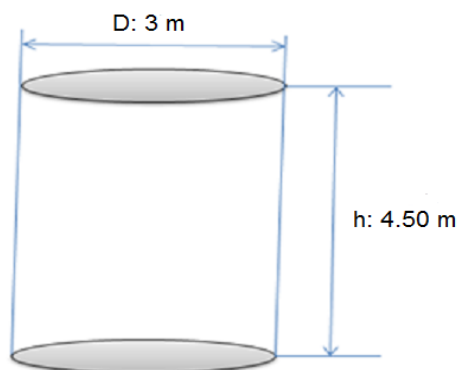
Volumen de agua del depósito 2

Diámetro del depósito= 3m

Altura del depósito= 4.50m

Radio del depósito= 1.50m

Ilustración 13 Tanque 2



Volumen de agua del depósito.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi (1.50\text{m})^2 \cdot 4.50\text{m}$$

$$V = 31.80 \text{ m}^3$$

Tiempo de descarga del depósito 2

$$D \text{ del tanque} = 3\text{m}$$

$$D \text{ descarga} = 0.0508\text{m}$$

Área del tanque

$$A = \frac{\pi(D)^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(3 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 7.06 \text{ m}^2$$

Área a la descarga

$$A = \frac{\pi(D)^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.0508 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 2.0268 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

La relación de are será:

$$\frac{AT}{At} = \frac{7.06 \text{ m}^2}{2.0268 \text{ m}^2} = 3,483.32$$

Tiempo de descarga

$$t_2 - t_1 = \frac{2 \frac{AT}{At}}{\sqrt{2g}} (h_1^{1/2} - h_2^{1/2})$$

$$t_2 - t_1 = \frac{2(3,483.32)}{\sqrt{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}} (3 \text{ m}^{1/2} - 0.0508 \text{ m}^{1/2})$$

$t_2 - t_1 =$ El deposito 2 se tardara 12 min con 37 seg en drenarse

13. Análisis de cálculos

13.1 Cálculos para la Nueva Red (Rediseño)

Datos

Q: 34 G.P.M

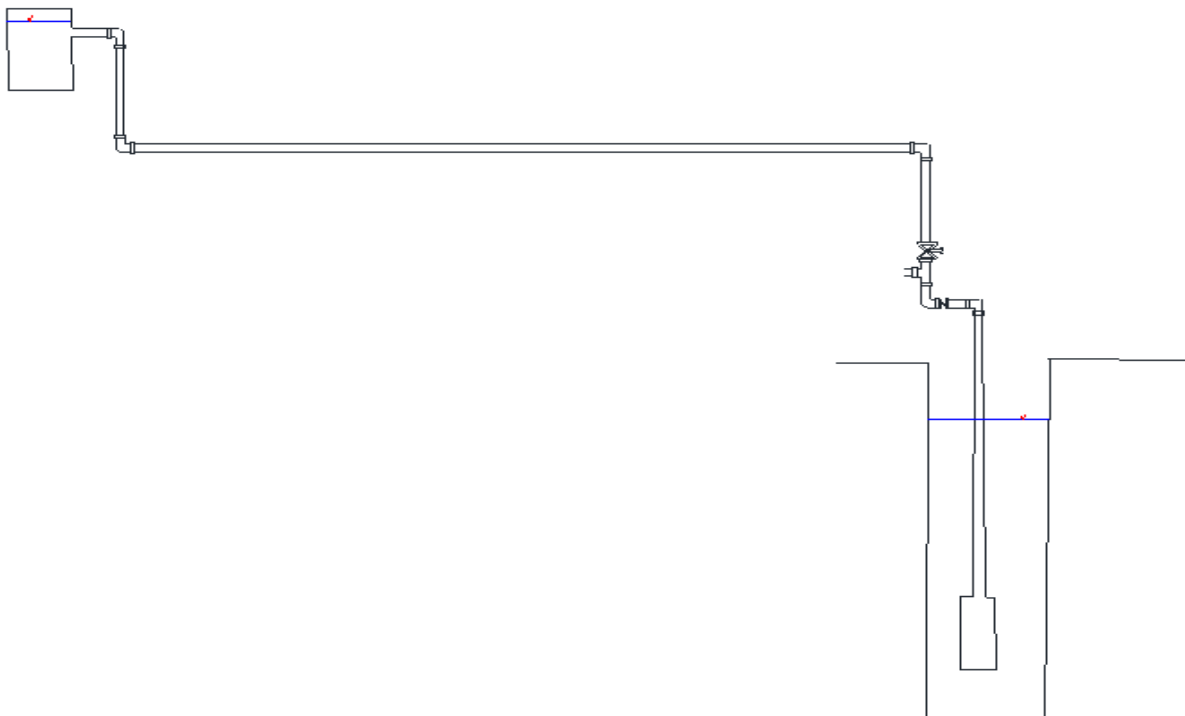
Altura estática: 84 m

T: 25°C

Material: hierro galvanizado

D: 2 pulgadas

Ilustración 14 Nueva Red (Rediseño)



Convirtiendo el caudal a m³/s

$$1 \text{ Galón} = 0.003794 \text{ m}^3$$

$$Q = 34 \frac{\text{galon}}{\text{min}} \cdot \frac{0.003794 \text{ m}^3}{1 \text{ galon}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$Q = 2.1499 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo de la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$V = \frac{2.1499 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{(0.0508 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V = 1.06 \text{ m/s}$$

Tipo de flujo

$$Re = \frac{VD}{\nu \rightarrow \text{viscosidad cinematica}}$$

$$Re = \frac{\left(1.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0.0508 \text{ m})}{8.945 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 60,198.99$$

$Re > 4,000$ flujo turbulento

Calculo de perdidas

Perdidas por fricción

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{(Re)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{0.15 \text{ mm}}{3.7 * 50.8 \text{ mm}} + \frac{5.74}{(60,198.99)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0284$$

$$hf = \frac{f * LT * V^2}{D * 2g}$$

$$hf = \frac{0.0284 * 223 \text{ m} * (1.06 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{0.0508 \text{ m} * 2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hf = 7.13 \text{ m}$$

Perdidas por accesorios

Ilustración 15 Accesorios y Coeficientes de Perdida

	Accesorios	Coeficiente
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8ft
1	válvula check	K= 100ft
3	codos de 90°	K= 30ft
1	Tés de 90°	K= 60ft
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8*(0.019)*2 K= 0.304
1	válvula check	K= 100*(0.019) K= 1.9
3	codos de 90°	K= 30*(0.019)*3 K=1.71
1	Tés de 90°	K= 60(0.019)* K= 1.14

$$\Sigma K = 1 + 0.78 + 0.304 + 1.9 + 1.71 + 1.14$$

$$\Sigma K = 6.834m$$

$$hl = \frac{V^2}{2g} * \Sigma K$$

$$hl = \frac{(1.06 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} * 6.834m$$

$$hl = 0.391 m$$

Pérdidas totales

$$HT = hf + hl$$

$$HT = 7.13m + 0.391m$$

$$HT = 7.52m$$

Altura de presión de la bomba HB

$$\cancel{\frac{P_A}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}} + Z_A + H_B - hf - hl = \cancel{\frac{P_B}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_B^2}{2g}} + Z_B$$

$$H_B = (Z_B + Z_A) + hf + hl$$

$$H_B = 84m + 7.13m + 0.391m$$

$$H_B = 91.52 m$$

14. Propuesta Económica

Con el objetivo de conocer el costo del proyecto se realizaron cotización de los materiales y equipos a utilizar y los datos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 10 Propuesta Económica

N°	Descripción	Precio/unid	Cantidad	Precio/cantidad
1	Tubo 2 ½ ”	2,749	37	101,713
2	Codo 2 ½ ”	318	3	954
3	Tés 2 ½ ”	503	1	503
4	Válvula check	6483.1	1	6483.1
5	Válvula reguladora	5656.56	2	11313.12
6	Dosificadores de cloro	13,879.78	1	13,879.78
7	Control de flote	1,296.74	2	2,593.48
8	Cartucho poliéster	292.28	2	584.56
9	Filtro de carbón	381.11	2	762.22
10	Carcasa con purga	1,101.56	2	2,203.12
	Total C\$			140,989.39

La inversión que la institución debe realizar para la puesta en marcha de dicho proyecto tiene un valor en USD 5,222 aproximadamente.

CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados puede concluirse que el propósito del estudio ha sido alcanzado teniendo las siguientes indicaciones:

1. Se realizó la inspección de las condiciones actuales en que ha estado trabajando el sistema de agua: red de tuberías, depósitos de almacenamiento. En el cual se encontró que era necesario establecer un rediseño en todo el sistema con recursos existentes como son pozo y bomba sumergible.
2. Con el estudio de la fuente de abastecimiento como es el pozo investigamos cuáles son sus medidas y su capacidad, en ella se encuentra una bomba sumergible la cual ha estado trabajando por 25 años aproximadamente con determinada potencia y eficiencia con los datos correspondientes determinamos que estos recursos existentes podrían ser utilizados para el rediseño del sistema de agua.
3. Se prosiguió a determinar la población general del recinto la cual brindo datos suficientes para determinar que la población beneficiada con este proyecto es de 4,723 personas y así establecer la capacidad que abarcara el nuevo sistema.
4. La construcción de un sistema de agua potable en el recinto vendrá a mejorar las condiciones de las personas que concurren el recinto Pedro Arauz Palacios, y así el recinto no deberá preocuparse por las variaciones en la población ya que este cuenta con los recursos suficientes para suplir cualquier variación en la demanda.
5. Al hacer un estudio adecuado sobre la problemática en el recinto del recurso e inspeccionar la red antigua concluimos que es necesario el rediseño del sistema con su debida distribución y hacer un control fijo de mantenimiento en todas las áreas del rediseño de la misma para evitar nuevamente pérdidas económicas y materiales que afecten el servicio.
6. Con la propuesta planteada la evaluación económica del proyecto de rediseñar el sistema de agua es de 5,222 dólares y la universidad se beneficiaría, ya que

se utilizaría la infraestructura ya existente y sería la más económica de todas con respecto a otras opciones que traerían mayor gasto..

RECOMENDACIONES

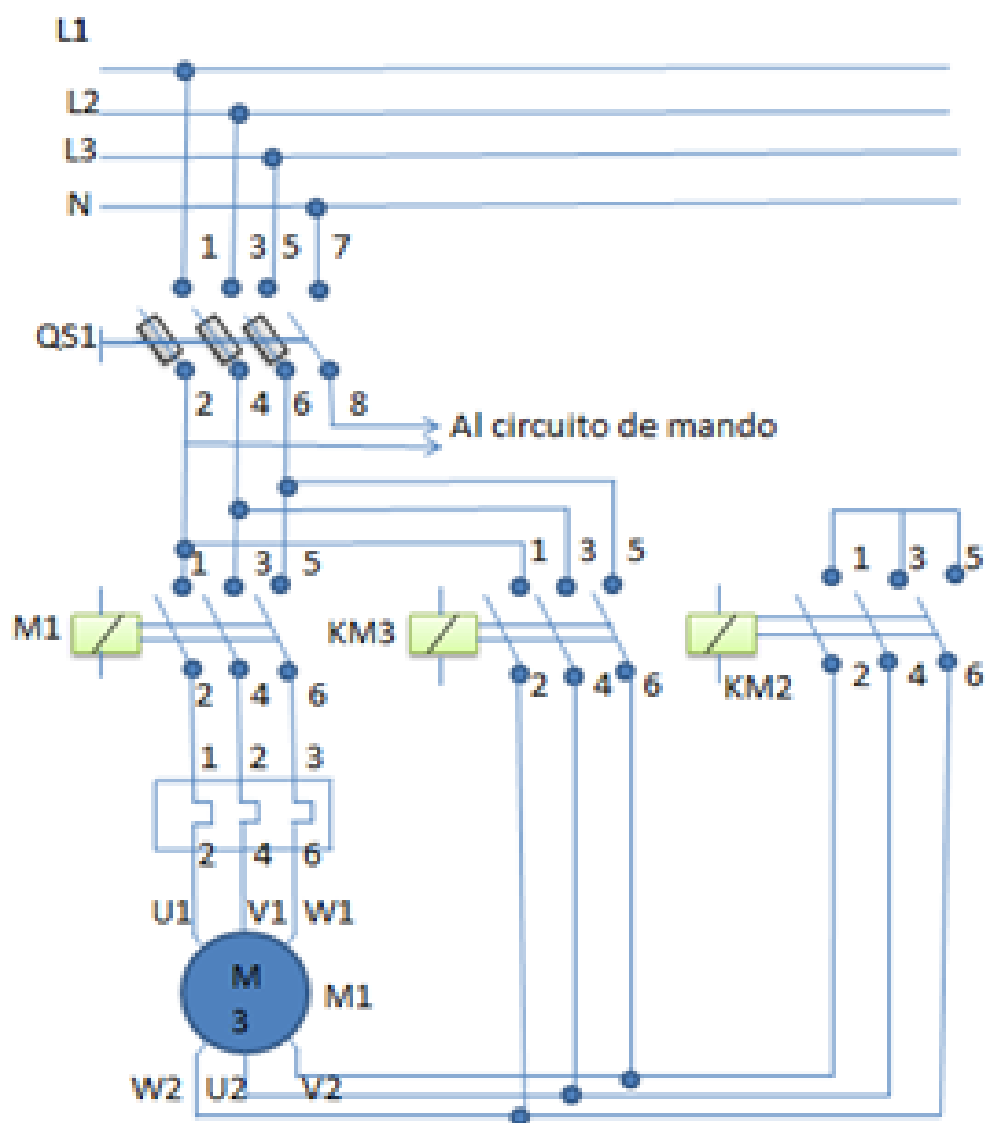
1. La bomba que está instalada actualmente se aprovecha de ella un caudal de 181 m³ por día, el no lograría suplir la necesidad completa del recinto dado que el consumo promedio diario actual es de aproximadamente de 251 m³. Por lo cual consideramos la instalación de una bomba con mayor capacidad dado que el pozo puede suplir esa necesidad de los 251 m³.
2. Para el buen funcionamiento y operación de la bomba es de suma importancia el mantenimiento ya que esta bomba tiene aproximadamente 25 años de su instalación y nunca se le ha dado el mantenimiento adecuado para que esta no se deteriore o deje de funcionar.
3. Una vez distribuida el agua en los recintos que se mencionan en la introducción, no podemos dejar los demás edificios del recinto sin ningún tipo de mejora para la necesidad del agua. Para estos edificios recomendamos la instalación de tanques en cada uno para resolver el problema del déficit de presión en las tuberías.
4. Instalar los accesorios correspondientes de automatización en el rediseño del sistema como son: Medidores de Nivel, Filtros de agua, Dosificadores de cloro.
5. La instalación de estos dispositivos de nueva generación en el sistema eléctrico de la bomba vendrá a reducir los costos de mantenimiento para la misma ya que se evitaría los riesgos de fallos en el sistema de tuberías y en la misma bomba.
6. Al ser desarrollado el rediseño del sistema de agua de una forma eficiente en la cual utilizando la misma infraestructura del recinto se reducirán los costos de una instalación completa de este nuevo rediseño.

BIBLIOGRAFIA

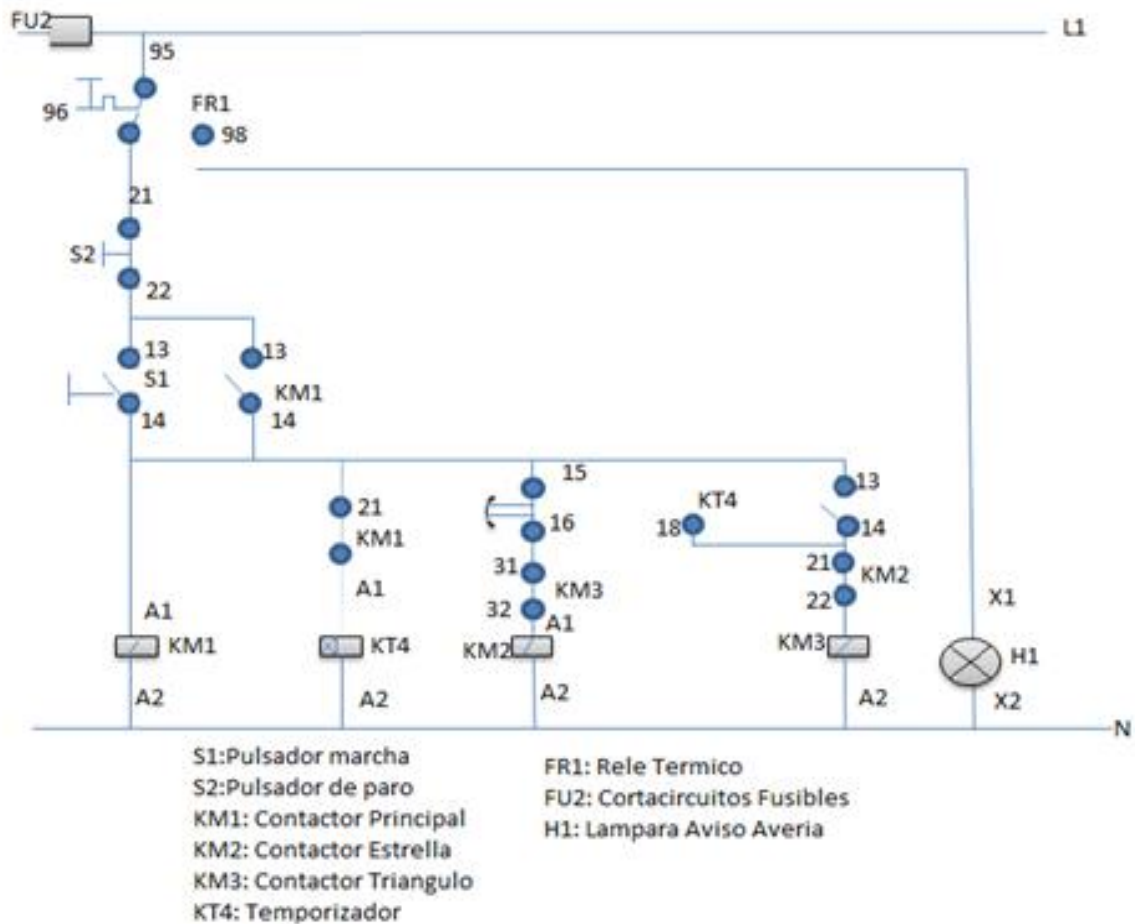
- Robert L. Mott (1996). Mecánica de Fluidos Aplicada. México: Prentice Hall Hispanoamérica S.A.
- Claudio Mataix (1986). Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. México: Harper&RowPublishers Inc.
- Porfirio Jiménez .(julio2014)
<http://es.slideshare.net/PriscilaPerezHerrera/valvulas-acessorios-y-tuberias?related=1>
- Yunus A. Cengel (2006). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. México: MCGRAW-HILL.
- Eduardo Miragorta (1994.) Sistema de Bombeo. Gijón.

ANEXOS

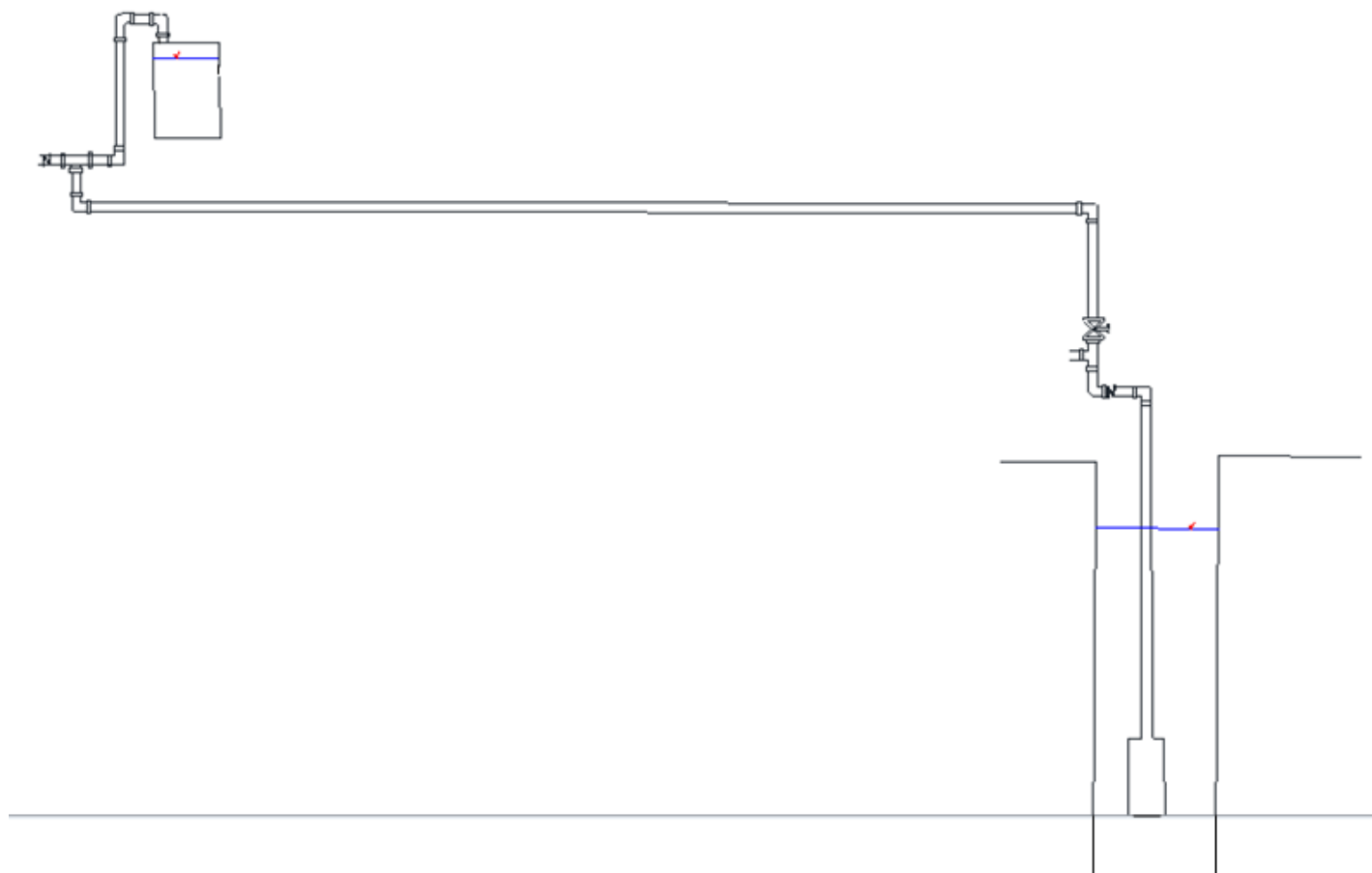
Anexo N°1 Diagrama de Fuerza



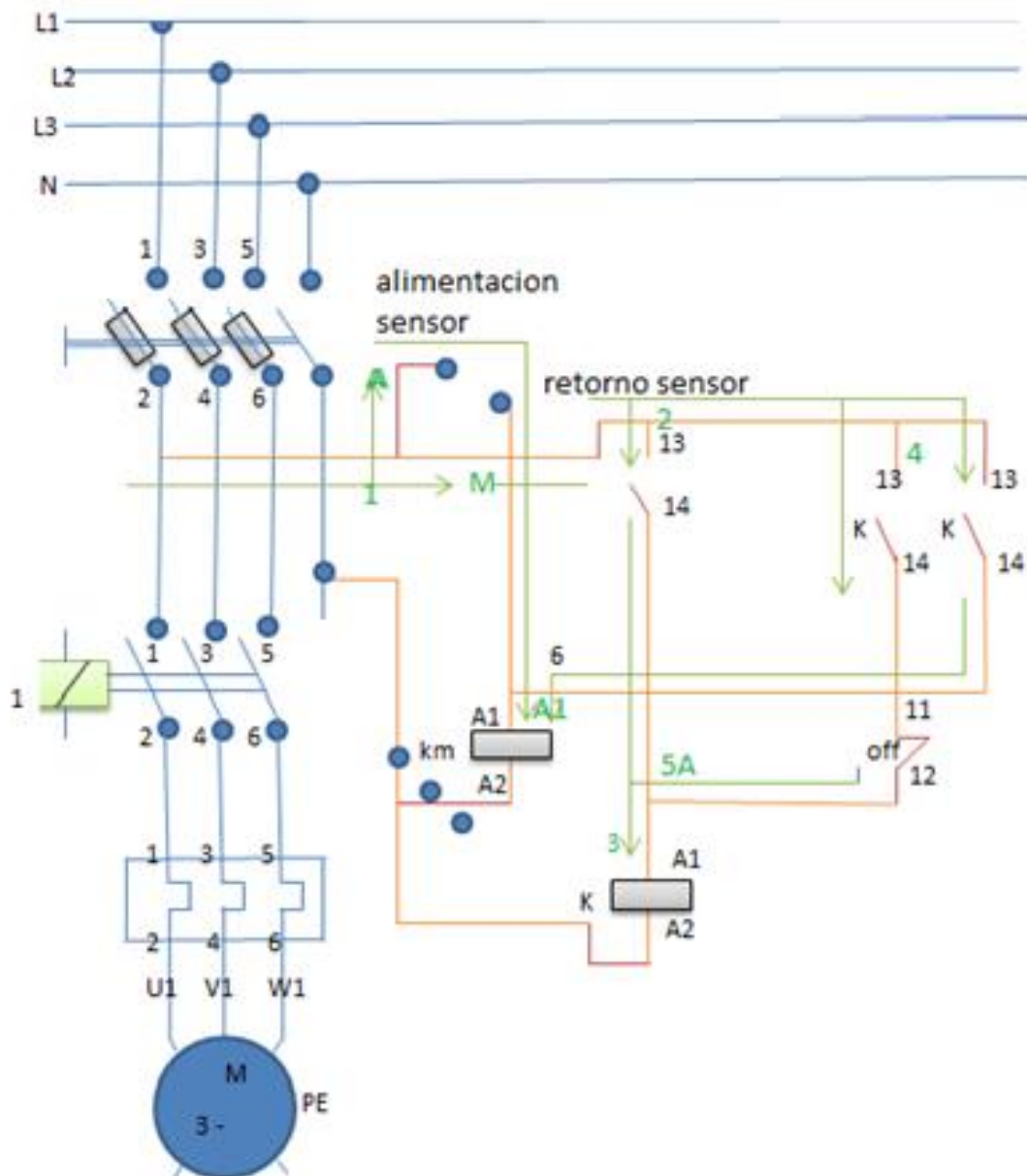
Anexo N° 2: Diagrama de Mando



Anexo N° 3 Diagrama del Sistema



Anexo N°4 Diagrama Electrico del Flotador



Anexo N° 5 Cálculos de la nueva bomba

Calculo para la recomendación de bomba

Datos

Caudal= 100 G.P.M

Altura estática= 84 m

Longitud horizontal= 223 m

Convirtiendo el caudal a m³/s

1 Galón = 0.003794 m³

$$Q = 100 \frac{\text{galon}}{\text{min}} \times \frac{0.003794 \text{ m}^3}{1 \text{ galon}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$Q = 6.3233 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo del diámetro aproximado

V succión = V descarga = 2 m/s

$$Q = V \cdot A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{6.3233 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A = 3.1616 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi(D)^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(3.1616 \times 10^{-3} m^2)}{\pi}}$$

$$D = 0.0634 m \rightarrow 63.44 mm$$

Normalizando el diámetro de la tabla F.1 cedula 40 el diámetro será 62.7 mm

El diámetro será de 2.5 pulgadas \rightarrow 0.0627 m

Velocidad de flujo real

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V = \frac{Q}{\pi \frac{(D)^2}{4}}$$

$$V = \frac{6.3233 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi \frac{(0.0627 m)^2}{4}}$$

$$V = 2.04 \frac{m}{s}$$

Tipo de flujo

$$Re = \frac{VD}{\nu \rightarrow \text{viscosidad cinematica}}$$

$$Re = \frac{\left(2.04 \frac{m}{s}\right) (0.0627 m)}{8.945 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 143,073.82$$

$Re > 4,000$ flujo turbulento

Calculo de perdidas

Perdidas por fricción

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{(Re)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{0.15 \text{ mm}}{3.7 \cdot 62.7 \text{ mm}} + \frac{5.74}{(143,073.82)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0258$$

$$hf = \frac{f * LT * V^2}{D * 2g}$$

$$hf = \frac{0.0258 * 223 \text{ m} * (2.04 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{0.0627 \text{ m} * 2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hf = 19.46 \text{ m}$$

Perdidas por accesorios

	Accesorios	Coefficiente de Perdida
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8ft
1	válvula check	K= 100ft
3	codos de 90°	K= 30ft
1	Tés de 90°	K= 60ft
1	resalte interior	K= 0.78
1	resalte interior	K= 1
2	válvula reguladora	K= 8*(0.019)*2 K= 0.304
1	válvula check	K= 100*(0.019) K= 1.9
3	codos de 90°	K= 30*(0.019)*3 K=1.71
1	Tés de 90°	K= 60(0.019)*1K= 1.14

$$\Sigma K = 1 + 0.78 + 0.304 + 1.9 + 1.71 + 1.14$$

$$\Sigma K = 6.834 \text{ m}$$

$$hl = \frac{V^2}{2g} * \Sigma K$$

$$hl = \frac{(2.04 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} * 6.834 \text{ m}$$

$$hl = 1.45 \text{ m}$$

Pérdidas totales

$$HT = hf + hl$$

$$HT = 19.46 \text{ m} + 1.45 \text{ m}$$

$$HT = 20.91 \text{ m}$$

Altura de presión de la bomba HB

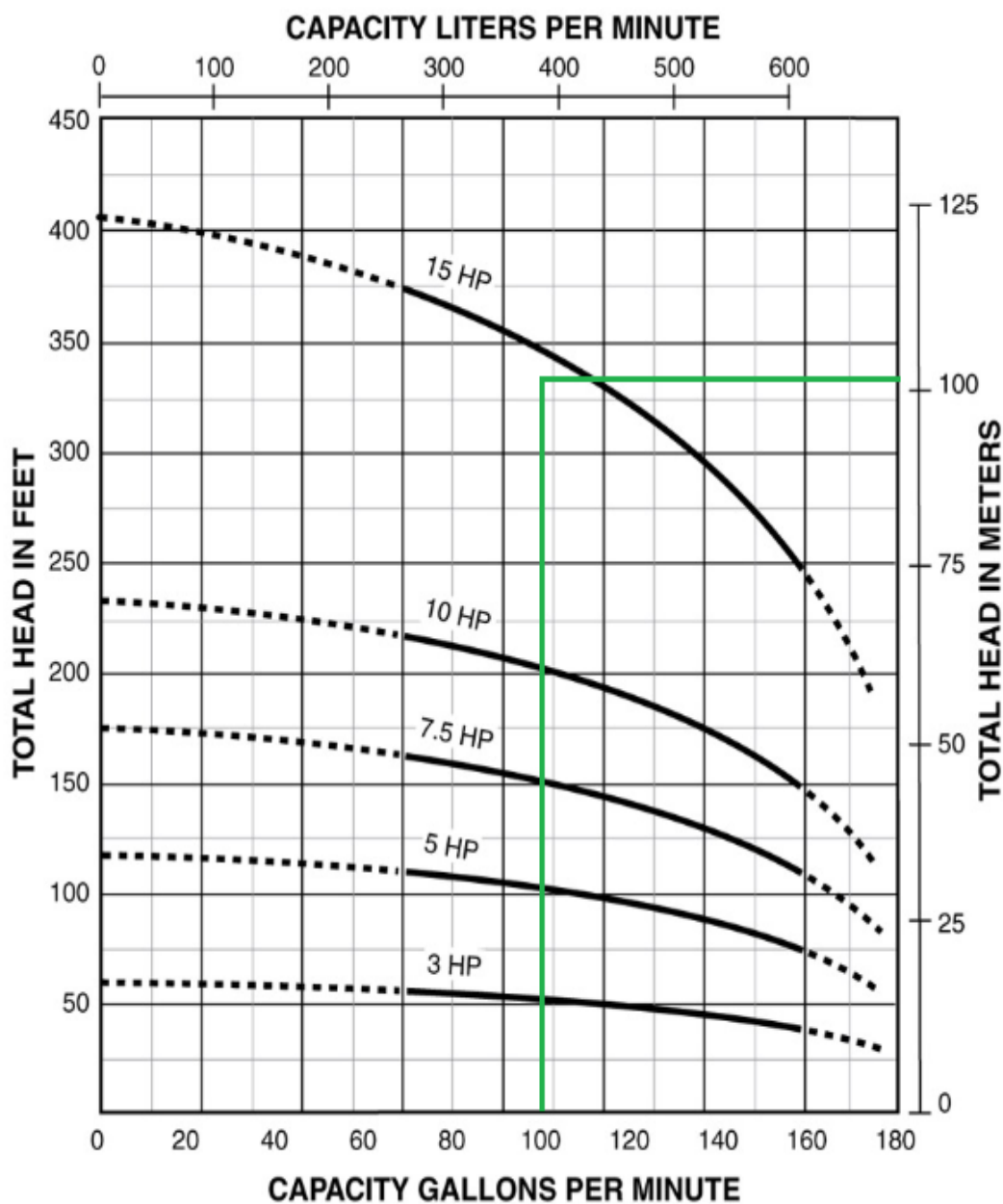
$$\cancel{\frac{P_A}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}} + Z_A + H_B - hf - hl = \cancel{\frac{P_B}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_B^2}{2g}} + Z_B$$

$$H_B = (Z_B + Z_A) + hf + hl$$

$$H_B = 84 \text{ m} + 19.46 \text{ m} + 1.45 \text{ m}$$

$$H_B = 104.91 \text{ m}$$

Potencia de la bomba según el caudal y la altura (HB)



Según el caudal y la profundidad del pozo se recomienda poner una bomba sumergible de 14 hp

Cabe señalar que con la instalación de esta bomba se va reducir la tarifa energética en un 45%. Lo que equivale un ahorro aproximado de C\$ 11,440.00 por año.